

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/051502

International filing date: 04 April 2005 (04.04.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 016 738.9
Filing date: 05 April 2004 (05.04.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 15 June 2005 (15.06.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 10 2004 016 738.9

Anmeldetag: 05. April 2004

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

Bezeichnung: Kompensationsvorrichtung zur Vermeidung von
schädlichen Lagerströmen in einer elektrischen
Maschine und entsprechendes Kompensations-
verfahren

IPC: H 02 P 19/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 23. April 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident

Im Auftrag

Faust

Beschreibung

Kompensationsvorrichtung zur Vermeidung von schädlichen Lagerströmen in einer elektrischen Maschine und entsprechendes
5 Kompensationsverfahren

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Kompensationsvorrichtung zur Kompensation von Lagerströmen in einer elektrischen Maschine sowie eine elektrische Maschine, die mit einer derartigen Kompensationsvorrichtung ausgestattet ist. Darüber
10 hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein entsprechendes Verfahren zum Kompensieren von Lagerströmen.

Drehzahlveränderbare Motoren werden heute überwiegend von Spannungszwischenkreisumrichtern gespeist. Die Speisung durch
15 den Spannungszwischenkreisumrichter führt zu Lagerströmen in den Lagern des Motors. Diese Lagerströme können je nach Ausführung des Motors zu einem vorzeitigen Ausfall der Lager führen. Der Ausfall ist auf eine Riffelbildung an den Lauf-
20 flächen des Lagers (Vibrationen, Geräusche) bzw. eine Zersetzung des Lagerfetts zurückzuführen.

Um Lagerströme zu unterbinden wurden daher vielfach stromisolierte Lager, z. B. Lager mit Keramikisolierung am Außenring, verwendet. Alternativ wurden Hybridlager mit Stahlringen und Keramik-Walzkörpern zur Vermeidung der Lagerströme eingesetzt. Diese Lager sind jedoch sehr teuer und werden daher
soweit wie möglich vermieden. Darüber hinaus sind zur Vermeidung von Lagerströmen Lösungen bekannt, bei denen der Rotor
30 mit Erdungsbürsten geerdet wird. Die Erdungsbürste unterliegt jedoch Verschleiß und die Kontaktsicherheit ist nicht gegeben, speziell unter schwierigen Umgebungsbedingungen. Weiterhin wird von der Firma Rockwell in einem "Industry White Paper" mit dem Titel "Inverter-Driven Induction Motors Shaft
35 and Bearing Current Solutions" vorgeschlagen, zwischen Rotor und Stator eine spezielle Schirmung vorzunehmen. Des Weiteren sind in diesem Zusammenhang auch Umrichter mit speziellem

Pulsmuster zur Reduzierung der Lagerströme bekannt. All diesen Lösungen ist gemeinsam, dass sie verhältnismäßig teuer bzw. aufwändig sind.

5 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, eine elektrische Maschine vorzuschlagen, bei der die Problematik der Lagerströme auf vereinfachte Weise gelöst ist. Darüber hinaus soll ein entsprechendes Verfahren angegeben werden.

10 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Kompensationsvorrichtung zur Kompensation von Lagerströmen in einer elektrischen Maschine mit einer Anschlusseinrichtung zum Anschließen an mindestens eine Wicklung, an das Gehäuse und an
15 den Rotor der elektrischen Maschine und einer Spannungserzeugungseinrichtung zum Erzeugen einer Kompensationsspannung für den Rotor der elektrischen Maschine in Abhängigkeit von der an der mindestens einen Wicklung anliegenden Betriebsspannung der elektrischen Maschine.

20 Darüber hinaus ist entsprechend der vorliegenden Erfindung vorgesehen ein Verfahren zum Kompensieren von Lagerströmen in einer elektrischen Maschine durch Erzeugen einer Kompensationsspannung für den Rotor der elektrischen Maschine in Abhängigkeit von einer Betriebsspannung der elektrischen Maschine und Anlegen der Kompensationsspannung an den Rotor der elektrischen Maschine.

Mit der einfach aufgebauten, erfindungsgemäßen Kompensations-
30 vorrichtung wird an das Lager eine entsprechende Gegenspannung angelegt, so dass die durch die übliche Betriebsspannung an der elektrischen Maschine hervorgerufene elektrische Spannung an den Lagern kompensiert wird. Damit fließen keine
35 Ströme mehr über die Lager und die Lebensdauer der elektrischen Maschine kann entsprechend erhöht werden.

Vorzugsweise umfasst die Spannungserzeugungseinrichtung der erfindungsgemäßen Kompensationsvorrichtung einen Transformator, dessen Primärwicklung zwischen die mindestens eine Wicklung und das Gehäuse der elektrischen Maschine und dessen Sekundärwicklung zwischen den Rotor und das Gehäuse der elektrischen Maschine geschaltet ist. Der Transformator stellt ein kostengünstiges passives Element für die Realisierung der Kompensation dar.

10 Der Transformator kann mit Netzwerken, z. B. RC-Kombinationen, Varistoren, beschaltet sein, um die Kompensationsspannung individuell für die Maschine einzustellen.

15 Alternativ zu dem Transformator kann die Spannungserzeugungseinrichtung einen Aktivschaltkreis umfassen, mit dem aus der an der elektrischen Maschine anliegenden Betriebsspannung die Kompensationsspannung erzeugbar ist. Mit einer derartigen Aktivschaltung kann eine noch exaktere Kompensation durchgeführt werden.

20 Die Betriebsspannung der elektrischen Maschine enthält häufig eine Gleichtaktspannung, welche eine wesentliche Ursache für Lagerströme ist. Daher ist es günstig, die Gleichtaktspannung als Eingangsgröße für die Spannungserzeugungseinrichtung zu verwenden. Die Lagerspannungen sind in der Regel nur über ein motorspezifisches Übersetzungsverhältnis von der Gleichtaktspannung abhängig.

30 In einer besonderen Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Kompensationsvorrichtung eine Sternschaltung auf, mit der die Phasen der elektrischen Maschine in einem Sternpunkt verschaltet sind, wobei die Spannung an dem Sternpunkt als Eingangsspannung für die Spannungserzeugungseinrichtung dient. Mit diesem künstlich geschaffenen Sternpunkt ist man nicht
35 darauf angewiesen, dass die Wicklungen der Maschine in einem Sternpunkt verschaltet sind oder der Sternpunkt in der Maschine zugänglich ist.

Vorzugsweise ist eine dreiphasige elektrische Maschine mit der Kompensationsvorrichtung ausgestattet. Dabei ist es, wie bereits erwähnt, besonders günstig, wenn in der Maschine ein Sternpunkt vorhanden ist und die Spannung an dem Sternpunkt als Eingangsspannung für die Spannungserzeugungseinrichtung abgreifbar ist. Damit bedarf es keines künstlichen Sternpunkts für die Erzeugung der Kompensationsspannung.

Die oben genannte Aufgabe wird auch gelöst durch eine Kompensationsvorrichtung zur Vermeidung von schädlichen Lagerströmen mit einem ersten Anschluss zum Anschließen an den Rotor einer elektrischen Maschine, einem zweiten Anschluss zum Anschließen an das Gehäuse oder ein Potential eines Spannungszwischenkreisumrichters der elektrischen Maschine und einer Impedanz mit geringem HF-Widerstand, die zwischen den ersten und den zweiten Anschluss geschaltet ist. Eine erfindungsgemäße elektrische Maschine kann mit einer derartigen Kompensationsvorrichtung ausgestattet sein. Dabei ist der Gedanke, den Rotor über die Kompensationsvorrichtung nur HF-mäßig zu erden. Damit können EDM-Lagerströme vermieden werden, d. h. die Versorgungsspannung des Motors wird in diesem Fall nicht genutzt.

Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigegeführten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

FIG 1 ein Schaltbild eines mit einem Spannungszwischenkreisumrichter in Zweipunkt-Schaltung versorgten Motors;

FIG 2 eine Schnittzeichnung durch einen Motor;

FIG 3 ein einphasiges Ersatzschaltbild des Motors von FIG 2;

FIG 4 eine Darstellung eines Zirkularflusses und Lagerstroms;

FIG 5 ein elektrisches Ersatzschaltbild zur Erklärung des Lagerstroms durch Zirkularfluss;

- FIG 6 den Motor von FIG 2 mit elektrischer Beschaltung;
 FIG 7 das der Beschaltung von FIG 6 entsprechende Ersatzschaltbild mit Lagerstromsignalformen;
 FIG 8 eine erfindungsgemäße Beschaltung eines Motors mit einer Kompensationsvorrichtung, die am Sternpunkt der Motorwicklung angeschlossen ist;
 FIG 9 eine Beschaltung eines Motors mit einer Kompensationsvorrichtung, wobei der Sternpunkt des Motors nicht zugänglich ist;
 FIG 10 ein Schaltungsdiagramm einer Kompensationsvorrichtung mit aktiven Bauteilen; und
 FIG 11 ein Beispiel für eine Koppeleinrichtung zur Kopplung der Kompensationsspannung an den Rotor.
- Die nachfolgend näher beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

Die Ursache für umrichterbedingte Lagerströme ist die sogenannte "Gleichtaktspannung" oder Common Mode Spannung im Pulsmuster des Spannungszwischenkreisumrichters UR, der in FIG 1 dargestellt ist. Die am Motor DM anliegende Gleichtaktspannung U_0 kann man z. B. bei einer Sternschaltung der Motorwicklungen zwischen Sternpunkt und Motorgehäuse unmittelbar messen. Die elektronischen Schaltelemente SE des Spannungszwischenkreisumrichters UR schalten die Spannung U_d des Zwischenkreises ZK nach einem Steuerverfahren auf die Motorwicklungen MW. Man unterscheidet zwischen sogenannten Online- und Offline-Steuerverfahren. Unabhängig vom eingesetzten Steuerverfahren ergibt sich ein prinzipieller Spannungsverlauf U_0 am Sternpunkt SP gemäß FIG 1. Dieser Spannungsverlauf resultiert aus den ebenfalls in FIG 1 eingezeichneten Spannungen U_{LL} zwischen den Phasen.

Das Ein- und Ausschalten der elektronischen Schaltelemente SE führt zu einer Spannungsänderung an den parasitären Kapazitäten im Motor und damit zu einem Stromfluss. FIG 2 zeigt diese

parasitären Kapazitäten in einem Drehstrommotor DM, der einen Stator ST und einen Rotor RO umfasst. Die Welle WE des Rotors RO ist z. B. über Wälzlager WL am Stator ST gelagert. An den Wicklungen WI des Stators ST liegt die Spannung U an.

5 Dieser Motoraufbau (vgl. auch FIG 3) führt zu einer Kapazität C_{wh} zwischen Motorwicklung und Motorgehäuse, eine Kapazität C_{wr} zwischen Motorwicklung und Rotor, einer Kapazität C_{rh} zwischen Rotor und Motorgehäuse, einer wirksamen Kapazität C_b zwischen Wälzkörpern und Lagerringen, einem nichtlinearen Wi-
10 derstand Z_n des Schmierfilms und einem wirksamen Widerstand R_b des Lagers bestehend aus Lagerringen und Wälzkörper.

Aus diesen elektrischen Größen resultiert das in FIG 3 wie-
15 dergegebene einphasige Ersatzschaltbild eines Drehstrommotors einschließlich des elektrischen Ersatzschaltbilds für die Impedanz Z_b des Wälzlagers WL. Demnach liegt die Kapazität C_{wh} zwischen der Phase U und der Erde PE. Parallel zu dieser Kapazität C_{wh} ist eine Serienschaltung der Kapazitäten C_{wr} und
20 C_{rh} angeordnet. Wiederum parallel zu der Kapazität C_{rh} befindet sich die Lagerimpedanz Z_b . Diese Lagerimpedanz Z_b besteht aus einer Parallelschaltung der Kapazität C_b und des Schmierfilmwiderstands Z_n , die mit dem Lagerwiderstand R_b in Serie geschaltet ist.

Eine Änderung der Gleichtaktspannung U_0 erzeugt einen Stromfluss durch die Kapazität C_{wh} . Aus diesem Strom resultiert ein Zirkularfluss ZF in den Motorwicklungen MW, der zu einem schädlichen Lagerstrom I_{Lager} führen kann, wie dies in FIG 4
30 angedeutet ist. Der Lagerstrom I_{Lager} führt durch das Statorblechpaket des Stators ST, durch die Wälzlager WL, durch den Rotor RO und an der anderen Stirnseite des Drehmomentmotors DM zurück durch die Wälzlager WL zum Stator ST.

35 Der in FIG 5 dargestellte Strom I_e durch die Kapazität C_{wh} ist die Quelle für die Wellenspannung U_s . Die Wellenspannung U_s und der Strom I_e sind transformatorisch über die Konstruktion

des Motors verknüpft. Die Wellenspannung U_s teilt sich auf die beiden Motorlager auf. Die Ersatzschaltbilder für die Wälzlager an der Antriebsseite DE und Nichtantriebsseite NDE des Motors sind in FIG 5 entsprechend eingezeichnet.

5 Der Schmierfilm im Wälzlager kann nur eine bestimmte Spannung isolieren, dann bricht er durch. Jetzt kann sich ein schädlicher Lagerstrom ausbilden. Die Durchbruchspannung ist abhängig von der Schmierfilmdicke und damit von der Drehzahl, Temperatur und Belastung des Lagers. Die Durchbruchspannung
10 liegt im Bereich 0,3 ... 35 V. Derartige Lagerströme sind in dem Aufsatz von S. Chen, T. A. Lipo, D. Fitzgerald, "Modeling of bearing currents in inverter drives", IEEE Transactions on Industry Applications, Band 32, S. 21 - 31, 1996 be-
15 schrieben.

Durch eine geeignete Gegenspannung U_k kann erfindungsgemäß die Spannung über den Wälzlagern auf Werte unterhalb der Durchbruchspannung gehalten werden. Damit wird der beschrie-
20 bene Lagerstrom durch den Zirkularfluss verhindert. Ein durch den Zirkularfluss verursachter Strom fließt jetzt über die Kompensationsvorrichtungen (FIG 5).

Schädliche Lagerströme können auch durch Entladungseffekte entstehen. Dabei wird (vgl. FIG 6 und FIG 7) die Kapazität des Wälzlagers C_b über den kapazitiven Spannungsteiler bestehend aus C_{wr} , C_{rh} und C_b aufgeladen, solange der Schmierfilm diese Spannung isolieren kann. Beim Erreichen der Durchbruchspannung wird die Kapazität C_b lagerintern kurzgeschlossen
30 und die Kapazität C_{rh} entlädt sich in diesen Kurzschluss. Solange der Schmierfilm isoliert, ist die Spannung über dem Lager ein Abbild der Gleichtaktspannung entsprechend dem durch die Motorkonstruktion vorgegebenen Übersetzungsverhältnis BVR (bearing voltage ratio).

35 Das Übersetzungsverhältnis BVR ist gegeben durch das Verhältnis der Spannung U_{zb} an der Lagerimpedanz Z_b und der Spannung

U_{Cwh} an der Kapazität C_{wh} . Dieses Verhältnis liegt typischerweise zwischen 0,02 und 0,2. In FIG 7 ist die Spannung U_{zb} für einen kleinen Wert von BVR und einen großen Wert von BVR in ihrem Verlauf angedeutet. Dabei wird die Schaltung bzw.
 5 die Motorwicklung über eine Impedanz Z mit der halben Zwischenkreisspannung $0,5 U_d$ versorgt, die den gleichen Signalverlauf hat wie die Spannung U_{zb} . Auch in diesem Fall kann das Aufladen des Lagers durch eine geeignete Gegenspannung U_k verhindert werden.

10

Mit einer erfindungsgemäßen Schaltung KS1 bzw. KS2 (vgl. FIG 8 und FIG 9) erfolgt eine Kompensation der durch die Gleichtaktspannung U_o erzeugten Lagerspannung U_{zb} . Dazu wird die auf die Motorklemmen geschaltete Gleichtaktspannung U_o entweder
 15 direkt verwendet (FIG 8) oder nachgebildet (FIG 9). Die Kompensationsschaltung KS1 bzw. KS2 erzeugt mit Hilfe der Gleichtaktspannung U_o eine Gegenspannung zur Minimierung der Lagerströme. Sie kann mit passiven oder aktiven Bauelementen ausgeführt sein. Entsprechend der Konstruktion des Motors DM
 20 erfolgt die Einkopplung auf der Antriebsseite (DE) oder der Nicht-Antriebsseite (NDE), damit sich die gewünschte Kompensation ergibt. Die Einkopplung der Kompensations- bzw. Gegenspannung kann auch kapazitiv durch einen Kondensator C_{KR} erfolgen (FIG 9).

30

Die Kompensationseinrichtung KS1 bzw. KS2 besteht in der einfachsten Ausführung aus einem Impulsübertrager bzw. Transformator T , der die Gleichtaktspannung U_o entsprechend dem BVR des Motors mit entsprechendem Vorzeichen als Gegenspannung
 30 auf den Rotor RO koppelt. Die Gleichtaktspannung U_o erreicht bei üblichen Spannungszwischenkreisumrichtern Werte bis zur halben Zwischenkreisspannung U_d . Bei einem BVR von z. B. 5 % und einer Gleichtaktspannung U_o von 300 V muss eine Gegenspannung von 15 V erzeugt werden. Die Gegenspannung kann über
 35 einen Schleifkontakt oder über eine kapazitive Koppereinrichtung auf den Rotor RO gelegt werden.

Zur Anpassung der Spannungsform der Gegenspannung ist der Impulsübertrager T mit Beschaltungsnetzwerken Z_{T1} , Z_{T2} versehen. Diese Beschaltung Z_{T1} , Z_{T2} kann z. B. eine RC-Kombination und/oder ein Varistor sein.

5 Der Impulsübertrager T wird über einen oder mehrere Koppelkondensatoren gespeist. Steht die Gleichtaktspannung U_0 am Sternpunkt SP zur Verfügung (vgl. FIG 8), ist nur ein Koppelkondensator C_{K0} erforderlich, der am Sternpunkt SP der Motorwicklung MW angeschlossen wird. Ist dieser Sternpunkt SP nicht verfügbar (vgl. FIG 9), z. B. bei einer Dreieckwicklung, schaltet man die Koppelkondensatoren C_{K1} , C_{K2} , C_{K3} auf die Motorklemmen U, V, W. Die drei Koppelkondensatoren C_{K1} , C_{K2} , C_{K3} bilden einen Sternpunkt SP', an dem sich die Gleich-
10 taktspannung U_0 ausbildet.
15

Entsprechend FIG 10 kann die Kompensationsvorrichtung KS3 auch mit aktiven Bauelementen ggf. digital ausgeführt sein. Die Hilfsenergie U_h zur Versorgung des aktiven Schaltkreises AS kann aus der Motorspannung gewonnen oder von extern bereitgestellt werden. Die Gleichtaktspannung U_0 wird entweder unmittelbar erfasst oder über ein Netzwerk NW oder aus den Ansteuersignalen des Spannungszwischenkreisumrichters UR gewonnen. Aus der Gleichtaktspannung U_0 und den Motordaten wird eine Gegenspannung ermittelt und über einen Verstärker AMP und die Koppeleinrichtung C_{KR} auf den Rotor gegeben.
20
25

Der aktive Schaltkreis (AS) kann auch so ausgeführt sein, dass die Kompensationsvorrichtung KS3 den Rotor HF-mäßig erdet, unabhängig von der Gleichtaktspannung U_0 .
30

Um die Gegenspannung zuverlässig und verschleißfrei auf den Rotor zu schalten, wird man einen Schleifkontakt vermeiden. FIG 11 zeigt eine Realisierungsmöglichkeit für die Koppeleinrichtung C_{KR} . Dabei wird eine Buchse BU über die Rotorwelle WE gesteckt und mit einem Isolierteil IT zentriert. Die Buchse BU bildet mit der Rotorwelle WE einen Zylinderkondensator.
35

Die Buchse BU und das Isolierteil IT können z. B. auch als ein Bauteil ausgeführt sein, welches wie ein Lager montiert wird.

- 5 Bei Einsatz der erfindungsgemäßen Kompensationsvorrichtung KS1 bis KS3 sind keine teuren stromisolierten Lager oder Hybridlager zur Vermeidung von schädlichen Lagerströmen erforderlich. In vorteilhafter Weise erhöht sich dann ohne die Lagerströme die Lebensdauer des Lagers aufgrund der nicht entstehenden Riffelung oder der geringeren Fettalterung.
- 10

Patentansprüche

1. Kompensationsvorrichtung zur Vermeidung von schädlichen Lagerströmen in einer elektrischen Maschine (DM) mit
5 - einer Anschlusseinrichtung zum Anschließen an mindestens eine Wicklung (MW), an das Gehäuse und an den Rotor (RO) der elektrischen Maschine (DM) und
- einer Spannungserzeugungseinrichtung zum Erzeugen einer Kompensationsspannung (U_k) für den Rotor (RO) der elektrischen Maschine in Abhängigkeit von der an der mindestens
10 einen Wicklung (MW) anliegenden Betriebsspannung (U_d) der elektrischen Maschine.
2. Kompensationsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die an der
15 Wicklung (MW) anliegende Betriebsspannung aus den Ansteuersignalen eines Spannungszwischenkreisumrichters (UR) gewonnen ist.
3. Kompensationsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die
20 Spannungserzeugungseinrichtung einen Transformator (T) umfasst, dessen Primärwicklung zwischen die mindestens eine Wicklung (MW) und das Gehäuse der elektrischen Maschine (DM) und dessen Sekundärwicklung zwischen den Rotor (RO) und das Gehäuse der elektrischen Maschine (DM) geschaltet ist.
4. Kompensationsvorrichtung nach Anspruch 3, wobei parallel
zu der Primär- oder Sekundärwicklung ein Netzwerk (Z_{T1} , Z_{T2}) zur Anpassung der Kompensationsspannung geschaltet ist.
- 30 5. Kompensationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Spannungserzeugungseinrichtung einen Aktivschaltkreis (AS) umfasst, mit dem aus der an der elektrischen Maschine anliegenden Betriebsspannung (U_d) die Kompensationsspannung (U_k) erzeugbar ist.
- 35 6. Kompensationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die eine Sternschaltung aufweist, mit der die Phasen

der elektrischen Maschine in einem Sternpunkt (SP) verschaltet sind, wobei die Spannung (U_0) an dem Sternpunkt (SP) als Eingangsspannung für die Spannungserzeugungseinrichtung dient.

5
7. Elektrische Maschine mit einer Kompensationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

8. Elektrische Maschine nach Anspruch 7, die dreiphasig ist.

10
9. Elektrische Maschine nach Anspruch 7 oder 8, wobei die Wicklungen (MW) der elektrischen Maschine (DM) in einem Sternpunkt (SP) verschaltet sind und die Spannung (U_0) an dem Sternpunkt (SP) als Eingangsspannung für die Spannungserzeugungseinrichtung dient.

15
10. Verfahren zum Kompensieren von Lagerströmen in einer elektrischen Maschine (DM) durch

- Erzeugen einer Kompensationsspannung (U_k) für den Rotor (RO) der elektrischen Maschine (DM) in Abhängigkeit von einer Betriebsspannung (U_d) der elektrischen Maschine und
- Anlegen der Kompensationsspannung (U_k) an den Rotor (RO) der elektrischen Maschine.

20
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Kompensationsspannung (U_k) mit einem Transformator (T) erzeugt wird, der die an mindestens einer der Wicklungen (MW) der elektrischen Maschine (DM) anliegenden Primärspannung für die Kompensationsspannung (U_k) transformiert.

30
12. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die Kompensationsspannung (U_k) durch einen Aktivschaltkreis (AS) erzeugt wird.

35
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei die Betriebsspannung (U_d) der elektrischen Maschine eine Gleichtaktspannung ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei die elektrische Maschine dreiphasig betrieben wird.

5 15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Wicklungen (MW) der elektrischen Maschine (DM) in einem Sternpunkt (SP, SP') zusammengeschaltet sind und die Spannung an dem Sternpunkt (SP, SP') zur Erzeugung der Kompensationsspannung (U_k) verwendet wird.

10 16. Kompensationsvorrichtung zur Vermeidung von schädlichen Lagerströmen mit

- einem ersten Anschluss zum Anschließen an den Rotor (RO) einer elektrischen Maschine (DM),
- 15 - einem zweiten Anschluss zum Anschließen an das Gehäuse oder ein Potential eines Spannungszwischenkreisumrichters (UR) der elektrischen Maschine (DM) und
- einer Impedanz mit einem DC-Widerstand und einem diesen gegenüber verminderten HF-Widerstand, die zwischen den ersten und zweiten Anschluss geschaltet ist.

20

17. Elektrische Maschine mit einer Kompensationsvorrichtung nach Anspruch 16.

Zusammenfassung

Kompensationsvorrichtung zur Vermeidung von schädlichen Lagerströmen in einer elektrischen Maschine und entsprechendes
5 Kompensationsverfahren

Die Lebensdauer von Lagern (WL) einer elektrischen Maschine (DM) soll erhöht werden. Dazu werden die Lagerströme an den Lagern (WL) des Rotors (RO) reduziert, indem mit Hilfe einer
10 Kompensationseinrichtung (KS1) an den Rotor (RO) eine entsprechende Gegenspannung angelegt wird. Durch die Reduzierung der Lagerströme wird eine Riffelbildung im Lager und eine erhöhte Fettalterung vermieden.

15 FIG 8

FIG 1

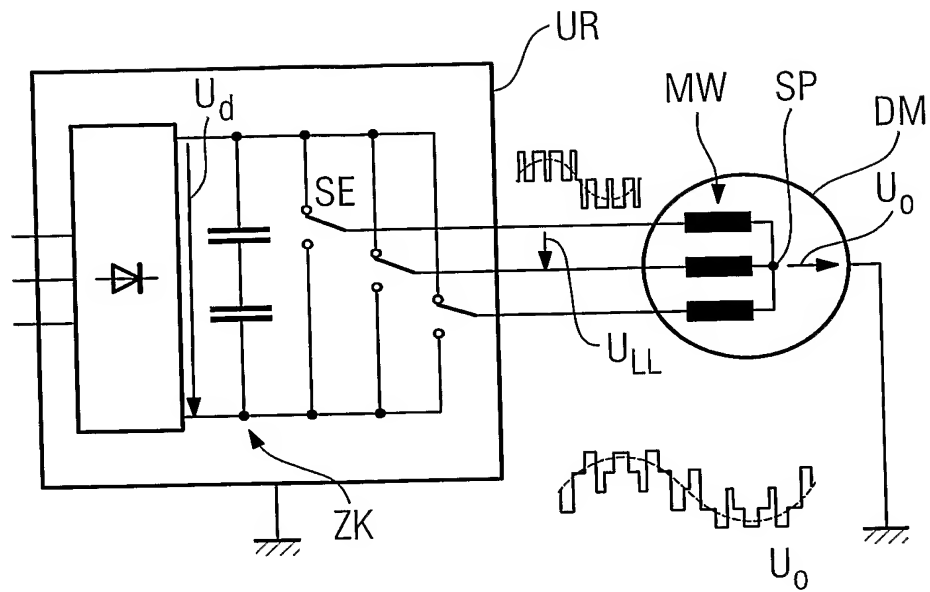


FIG 2

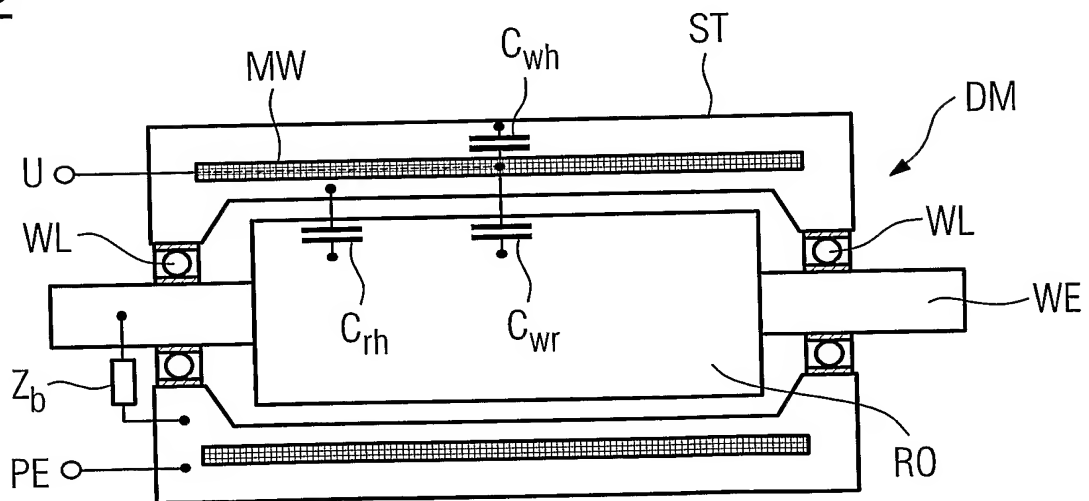


FIG 3

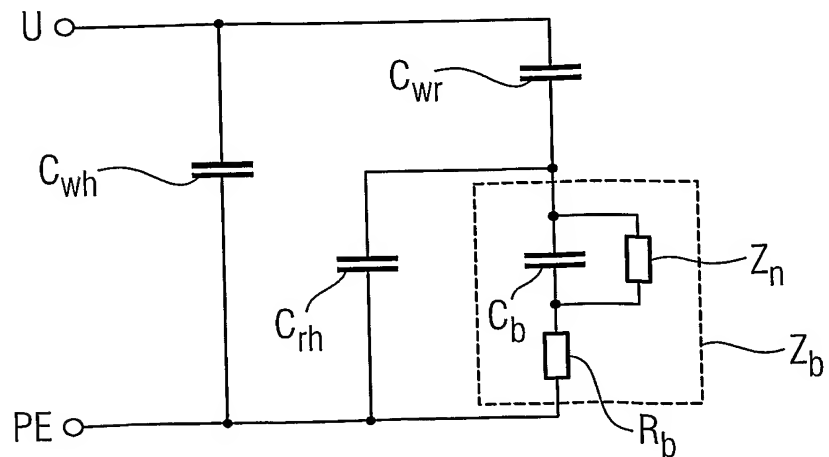


FIG 4

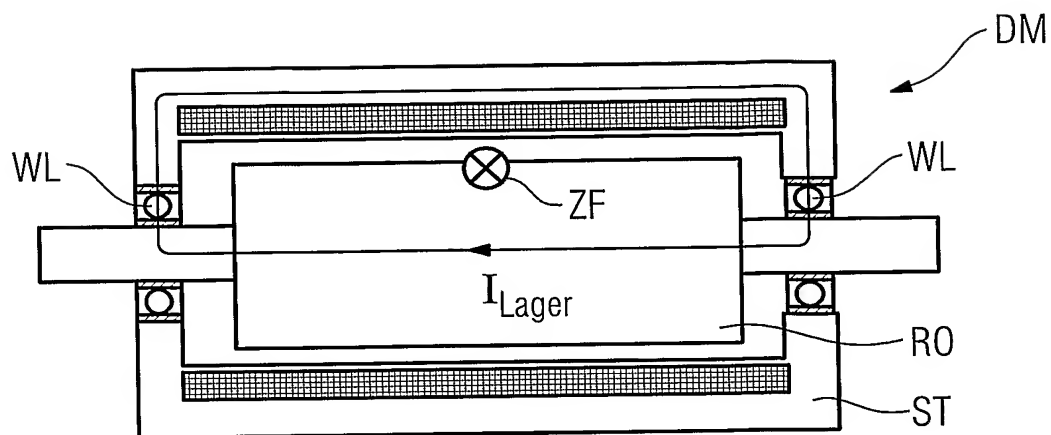


FIG 5

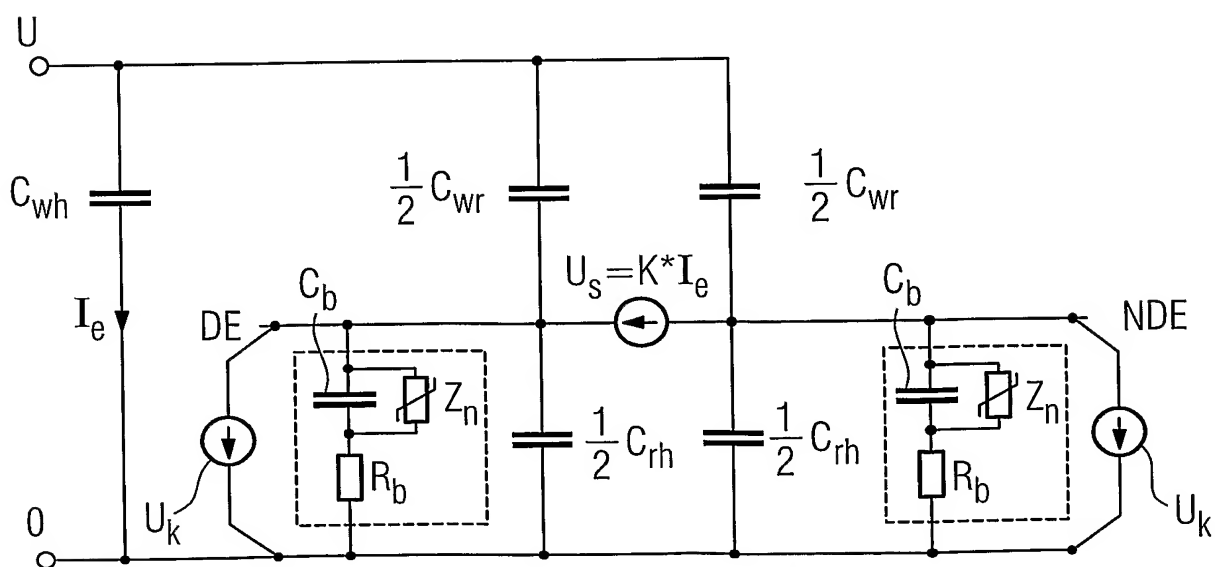


FIG 6

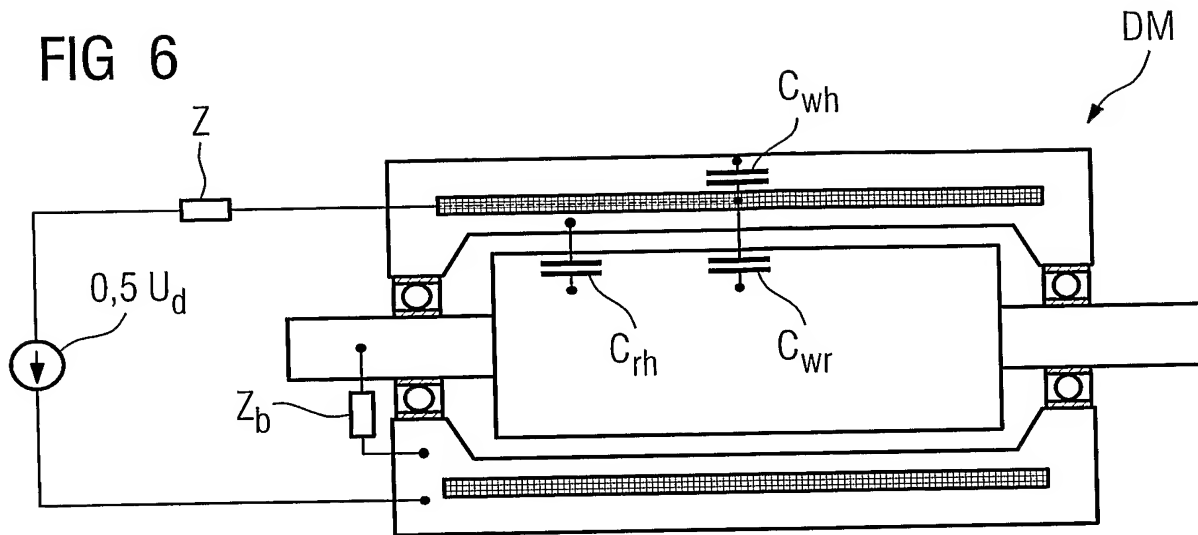


FIG 7

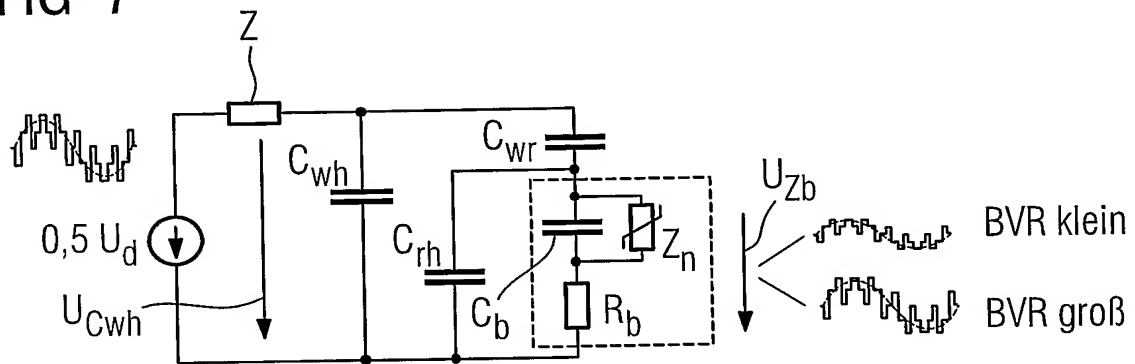


FIG 8

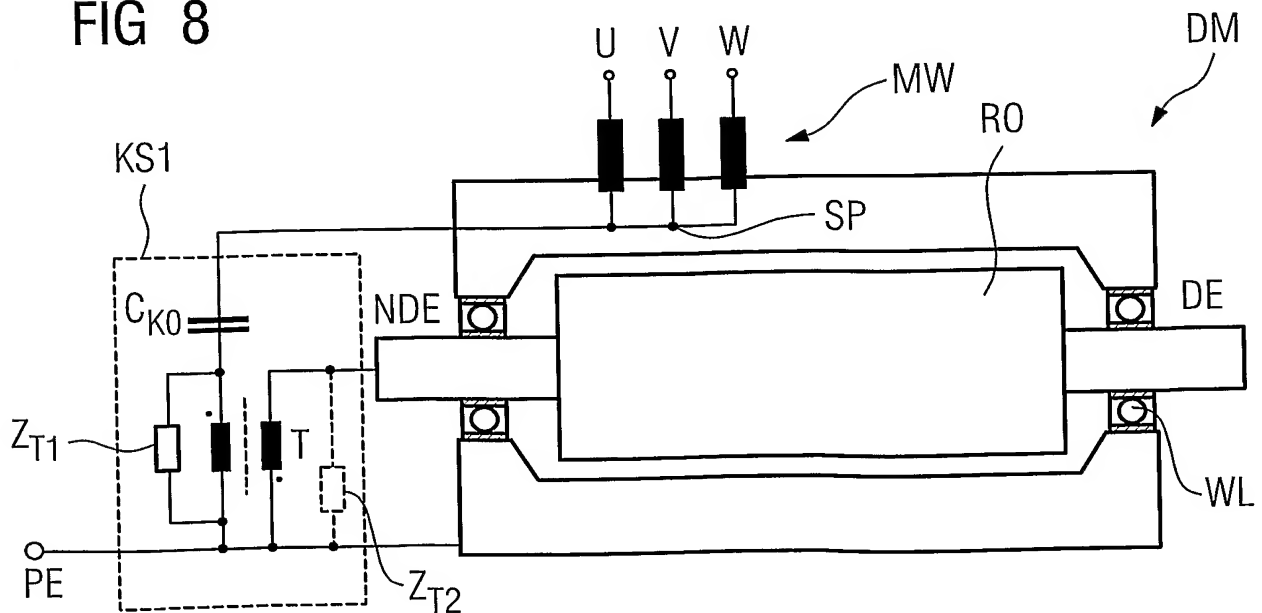


FIG 11

